Deutscher Bundestag
9. Wahlperiode

Drucksache 9/1247

04. 01. 82

Sachgebiet 751

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bewertung der Strahlenexposition in der Umgebung von Steinkohlekraftwerken und Vergleich mit der Strahlenexposition durch Kernkraftwerke

Vorbemerkung

Der Deutsche Bundestag hat am 11. September 1981 aufgrund der Beschlußempfehlung des Innenausschusses vom 10. August 1981 (Drucksache 9/726) eine Entschließung zu dem Bericht der Bundesregierung über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahre 1978" einstimmig angenommen.

Gemäß Punkt 3 dieser Entschließung erwartet der Deutsche Bundestag bis zum 31. Dezember 1981 eine wissenschaftliche Bewertung der Strahlenexposition in der Umgebung von Steinkohlekraftwerken, die insbesondere durch die Kohleverbrennung entsteht, und einen Vergleich mit der Strahlenexposition durch Kernkraftwerke. Dabei soll auch dazu Stellung genommen werden, ob es möglich ist, die Strahlenexposition bei Kohlekraftwerken zu reduzieren.

Diese Bewertung wird hiermit vorgelegt.

Die in Steinkohlekraftwerken verwendete Kohle hat im Mittel einen niedrigeren Gehalt an natürlich-radioaktiven Stoffen als viele Gesteine der Erdkruste. Bei der Verbrennung dieser Kohle werden jedoch natürlich-radioaktive Stoffe in der Flugasche angereichert und mit der Abluft in die Atmosphäre abgegeben.

Im Auftrag des Bundesministers des Innern hat das Institut für Umweltschutz des Technischen Überwachungs-Vereins Rheinland e. V., Köln, in den Jahren 1978 bis 1980 in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München und dem Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes die radioaktiven Emissionen eines modernen 320-MW-Steinkohlekraftwerks, das mit Ruhrkohle gefeuert wird, und eines modernen 600-MW-Braunkohlekraftwerks, das mit rheinischer Braunkohle gefeuert wird, gemessen. Dabei haben sich bei dem Steinkohlekraftwerk folgende radioaktive Emissionen (vor allem langlebige Alphastrahler) ergeben (in Millicurie pro Jahr):

Uran-238	5
Uran-234	5
Thorium-230	3
Radium-226	4
Blei-210	35
Polonium-210	67
Thorium-232	1
Radium-228	2
Thorium-228	1
Kalium-40	14

Die radioaktiven Emissionen des untersuchten Braunkohlekraftwerks sind wesentlich niedriger als diejenigen des Steinkohlekraftwerkes. Auf der Basis dieser Emissionsdaten hat eine Arbeitsgruppe der Strahlenschutzkommission die Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung des untersuchten Steinkohlekraftwerkes unter Verwendung der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu § 45 der Strahlenschutzverordnung) vom 17. Mai 1979 berechnet. Dabei hat sich für die ungünstigste Einwirkungsstelle ein Wert von etwa 0,7 Millirem[1]) pro Jahr ergeben (effektive Äquivalentdosis).

[1]) Bei älteren Steinkohlekraftwerken muß wegen der geringeren Staubrückhaltung mit entsprechend höheren Werten der Strahlenexposition gerechnet werden.

Gemäß Nummer 3 des Beschlusses des Deutschen Bundestages vom 11. September 1981 — Drucksache 9/726 — zugeleitet mit Schreiben des Bundesministers des Innern — RS II 2 — 510 211 — vom 22. Dezember 1981.

Bei einem modernen Kernkraftwerk mit Druckwassereaktor beträgt der entsprechende Wert etwa 0,1 Millirem pro Jahr, bei einem Kernkraftwerk mit Siedewasserreaktor etwa 0,4 Millirem pro Jahr [2]). (Nach der Strahlenschutzverordnung darf die Strahlenexposition des Ganzkörpers an der ungünstigsten Einwirkungsstelle höchstens 30 Millirem pro Jahr betragen.)

Die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung moderner Steinkohlekraftwerke liegt also in der gleichen Größenordnung wie in der Umgebung moderner Kernkraftwerke und selbst an der ungünstigsten Einwirkungsstelle unterhalb von 1 Millirem pro Jahr, also deutlich unterhalb von 1 Prozent der natürlichen Strahlenexposition.

[2]) Bei den wenigen Störfällen an deutschen Kernkraftwerken seit Inbetriebnahme des VAK Kahl im Jahre 1961, bei denen Radioaktivität in die Umgebung freigesetzt worden ist, ist die Strahlenexposition in der Umgebung nicht wesentlich erhöht worden.

Die Strahlenschutzkommission, die den Bundesminister des Innern in allen Fragen des Schutzes vor den Gefahren ionisierender Strahlen berät, hat daher in ihrer Stellungnahme zum Vergleich der Strahlenexposition der Bevölkerung durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kohlekraftwerken und aus Kernkraftwerken vom 2. Juli 1981 (vgl. Anlage) festgestellt, „daß die Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus beiden Kraftwerkstypen beim gegenwärtigen Stand der Abluftreinigung bzw. der Rückhaltetechnik für die Strahlenexposition der Bevölkerung von minimaler Bedeutung sind".

Nach Auffassung der Strahlenschutzkommission besteht daher keine Notwendigkeit, den sehr geringen Beitrag, den moderne Steinkohlekraftwerke durch Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft zur Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung leisten, noch weiter zu reduzieren. Die Rückhaltetechniken werden bei beiden Kraftwerkstypen ohnehin weiter verbessert, so daß die Emissionen künftiger Kraftwerke noch niedriger liegen dürften.

Anlage

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission zum Vergleich der Strahlenexposition der Bevölkerung durch Emission radioaktiver Stoffe aus Kohlekraftwerken und aus Kernkraftwerken

(veröffentlicht im Bundesanzeiger vom 15. August 1981)

Der Bundesminister des Innern

Bekanntmachung einer Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Vom 15. Juli 1981

Nach § 3 Abs. 5 der Bekanntmachung der Geschäftsordnung der Strahlenschutzkommission vom 23. Januar 1975 (BAnz. Nr. 34 vom 19. Februar 1975) wird die nachstehende Stellungnahme, die die Strahlenschutzkommission am 2. Juli 1981 verabschiedet hat, bekanntgegeben.

Bonn, den 15. Juli 1981
RS II 2 — 517 027/7

Der Bundesminister des Innern
Im Auftrag
Dr. Mehl

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission zum Vergleich der Strahlenexposition der Bevölkerung durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kohlekraftwerken und aus Kernkraftwerken

Die Strahlenschutzkommission hat im Jahre 1978 eine Arbeitsgruppe eingesetzt mit der Aufgabe, eine Stellungnahme über die Strahlenexposition der Bevölkerung durch Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Kohlekraftwerken im Vergleich zu denjenigen aus Kernkraftwerken abzugeben. Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe zeigte sich, daß die damals sowohl in der Bundesrepublik Deutschland als auch international vorliegenden Daten zur Beurteilung nicht ausreichten. Zur Klärung der noch offenen Fragen wurde unter Beteiligung des TÜV Rheinland (Köln), des Instituts für Strahlenschutz der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (GSF, Neuherberg) und des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes (Berlin/Neuherberg) ein Meßprogramm bei je einem modernen Steinkohlekraftwerk, das mit Ruhrkohle gefeuert wird, und einem modernen Braunkohlekraftwerk, das mit rheinischer Braunkohle gefeuert wird, durchgeführt.

Die Ergebnisse des Meßprogramms sind wie folgt zusammenzufassen:

1. Im Vergleich zur spezifischen Aktivität der Kohle werden natürlich-radioaktive Stoffe in der Flugasche angereichert. Diese Anreicherung ist nuklidspezifisch, hängt von der Verbrennungstemperatur und vom eingesetzten Brennstoff ab.

2. Die spezifische Aktivität der Partikel der Flugasche nimmt mit zunehmender Teilchengröße ab. Bei mehrstufigen Filteranlagen ist dementsprechend in der Nachreinigung der Anteil der Partikel mit höherer spezifischer Aktivität größer als in der Vorreinigung. Die spezifische Aktivität des emittierten Reingasstaubes entspricht etwa der spezifischen Aktivität der Partikel, die durch die letzte Elektrofilterstufe (Nachreinigung) abgeschieden werden.

3. Messungen haben ergeben, daß
   - die spezifische Aktivität im Reingasstaub bei dem Steinkohlekraftwerk (Verbrennungstemperatur 1600 bis 1800 Grad C) für Radium-226, Thorium-232 und Uran-238 etwa 10mal höher, für Blei-210 etwa 100mal und für Polonium-210 etwa 200mal höher ist als die spezifische Aktivität der Kohle. Die höhere spezifische Aktivität von Blei-210 und Polonium-210 ist auf die größere Flüchtigkeit von Blei und Polonium zurückzuführen,
   - die spezifische Aktivität der Staubemissionen bei dem Braunkohlekraftwerk (Verbrennungstemperatur etwa 1100 Grad C) für Radium-226, Thorium-232 und Uran-238 etwa 3- bis 5mal höher, für Blei-210 und Polonium-210 etwa 10mal höher ist als die spezifische Aktivität der Kohle.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in entsprechenden Berichten dargestellt.

Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft

Kohlekraftwerke:

Unter Verwendung der vorgenannten Meßergebnisse kann die mittlere jährliche Emission natürlich-radioaktiver Stoffe berechnet werden. Die für die beiden untersuchten typischen Kraftwerke bei Verwendung von Ruhr-Steinkohle bzw. rheinischer Braunkohle ermittelten Emissionen natürlich-radioaktiver Stoffe pro 1 GW · a erzeugter elektrischer Energie sind im Anhang wiedergegeben.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß die beiden untersuchten Anlagen mit mehrstufigen elektrostatischen Filtern zur Staubrückhaltung ausgerüstet waren. Bei Anlagen mit verbesserter Staubrückhaltung sind dementsprechend geringere Emissionsraten, bei Anlagen mit geringerer Staubrückhaltung höhere Werte zu erwarten. Die Emissionsraten hängen des weiteren ab von der Art der eingesetzten Kohle und der Verbrennungstemperatur (Schmelzkammerfeuerung bzw. trockener Ascheabzug).

Kernkraftwerke:

Es wurden typische Jahresmittelwerte der im bestimmungsgemäßen Betrieb emittierten radioaktiven Stoffe eines Kernkraftwerkes mit Druckwasserreaktor herangezogen; entsprechende Werte, bezogen auf 1 GW · a erzeugter elektrischer Energie, sind im Anhang wiedergegeben.

Die Nuklidemissionen ändern sich allerdings nicht proportional mit den Emissionsraten.

Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Ausgehend von den oben genannten Emissionsdaten wurde die mögliche Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung beider Kraftwerksarten berechnet. Bei Kohlekraftwerken wurde, analog wie bei der entsprechenden Abschätzung für Kernkraftwerke, von der Annahme ausgegangen, daß sich die betrachtete Referenzperson ganzjährig an diesem ungünstigsten Ort aufhält und auch ihren gesamten Nahrungsbedarf aus diesem Bereich deckt. Die Berechnung wurde nach der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu § 45 StrlSchV)" vom 17. Mai 1979 (GMBl. 1979, S. 238) durchgeführt, die auch für entsprechende Rechnungen bei Kernkraftwerken angewandt wird. Zur Vergleichbarkeit wurden für beide Kraftwerkstypen die meteorologischen Daten für den Standort Biblis zugrunde gelegt. Die dabei benutzten Parameter sind im Anhang zusammengestellt. Im Falle des Kohlekraftwerks wurde dabei auch die geringe Löslichkeit der in den glasartigen Flugaschepartikeln eingeschlossenen Aktivität mit einem Löslichkeitsfaktor von 0,2 berücksichtigt. Für die Dosisfaktoren für Inhalation und Ingestion (Aufnahme mit der Nahrung) wurden zwei verschiedene Datensätze zugrunde gelegt:

- Die Werte nach der „Allgemeinen Berechnungsgrundlage" zur Berechnung der Ganzkörperdosis und der Organdosis,
- die Werte, die sich nach den neuen Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission ergeben (ICRP Pub. 30, 1979/80), zur Berechnung der effektiven Äquivalentdosis und der Organdosis.

Beide Datensätze führten bei der Ganzkörperdosis und der effektiven Äquivalentdosis zu annähernd gleichen Ergebnissen.

Unter Verwendung der genannten Ausgangsdaten ergibt sich an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung eines modernen Steinkohlekraftwerkes als effektive Äquivalentdosis ein Wert von etwa 0,7 mrem und entsprechend bei einem modernen Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor ein solcher von etwa 0,1 mrem — jeweils bezogen auf die Emissionen für eine Erzeugung von 1 GW · a elektrischer Energie. Die Strahlenexposition in der Umgebung eines Braunkohlekraftwerkes ist im allgemeinen um etwa den Faktor 5 niedriger als die bei einem Steinkohlekraftwerk. Bei Kernkraftwerken mit Siedewasserreaktor ist die Strahlenexposition um etwa den Faktor 4 höher als bei solchen mit Druckwasserreaktor.

In die Berechnung wurde auch ein Vergleich der aus der Emission natürlich-radioaktiver Stoffe aus Kohlekraftwerken resultierenden Umweltradioaktivität mit dem natürlichen Aktivitätspegel dieser Radionuklide in der Umwelt einbezogen. Nach (4) ergibt sich in diesem Fall für die effektive Äquivalentdosis statt 0,7 mrem ein Wert von 0,2 mrem.

Die natürlich-radioaktiven Stoffe, die aus Kohlekraftwerken emittiert werden, bewirken vor allem eine Strahlenexposition des Skeletts. Demgegenüber führt die Emission von Radiojod aus Kernkraftwerken zu einer Strahlenexposition der Schilddrüse. Die Dosis in diesen speziellen Organen liegt etwa um den Faktor 10 über den oben genannten Werten für die effektive Äquivalentdosis.

Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Die Strahlenexposition durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kohlekraftwerken wird fast ausschließlich durch α-Strahlen, d. h. durch dicht ionisierende Strahlen (mit hohem linearen Energieübertragungsvermögen) verursacht. Demgegenüber resultiert die Strahlenexposition durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken aus der Einwirkung von β- und γ-Strahlen, d. h. durch locker ionisierende Strahlen (mit niedrigem linearen Energieübertragungsvermögen).

Bei der Berechnung der Dosiswerte wurde davon ausgegangen, daß sich die Referenzperson ganzjährig am Ort maximaler Immission aufhält und ihren gesamten Nahrungsbedarf vom bodennahen Konzentrationsmaximum deckt. Unter Berücksichtigung dieser Annahme sowie der Unsicherheit der Abschätzung ist zu erwarten, daß die tatsächliche Strahlenexposition (effektive Äquivalentdosis) durch moderne Kohle- und Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland unter den angegebenen Bedingungen in der gleichen Größenordnung liegt und einen Bereich von 0,1 bis 1 mrem pro 1 GW · a elektrischer Leistung nicht übersteigt. Die Strahlenexposition durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus Braunkohlekraftwerken ist im allgemeinen um etwa den Faktor 5 niedriger als die in der Umgebung von Steinkohlekraftwerken, bei Siedewasserreaktoren ist die Strahlenexposition um etwa den Faktor 4 höher als bei Druckwasserreaktoren. Die zusätzliche Strahlenexposition liegt beim bestimmungsgemäßen Betrieb beider Kraftwerkstypen im Bereich zwischen 1‰ und 1% der mittleren natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland; sie ist somit klein gegenüber der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition. Diese Aussage gilt auch für Steinkohlekraftwerke, bei denen wegen der angesprochenen Schwankungsbreite der eingehenden Parameter (eingesetzte Kohle, Staubrückhaltung, Verbrennungstemperatur) auch eine höhere Strahlenexposition als bei Kernkraftwerken möglich ist.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus beiden Kraftwerkstypen beim gegenwärtigen Stand der Abluftreinigung bzw. der Rückhaltetechnik für die Strahlenexposition der Bevölkerung von minimaler Bedeutung sind.

Im Auftrag des Bundesministers des Innern wurden folgende Berichte erstellt, die dieser speziellen Stellungnahme zugrunde liegen:

(1) Bonka, H.:
Fallout- und Washoutfaktor für Aerosole und Jod für einen Vergleich der Strahlenexposition durch radioaktive Emissionen aus Kern- und Kohlekraftwerken
Bericht TH Aachen, September 1980

(2) Bretschneider, J.:
Teilbeitrag zum Vergleich der Strahlenexposition durch Emissionen aus konventionellen Kraftwerken und aus Kernkraftwerken
ABE-12, Dez. 1980

(3) Chatterjee, B; Hötzl, H.; Rosner, G.; Winkler, R.:
Untersuchungen über die Emission von Radionukliden aus Kohlekraftwerken — Analyseverfahren und Meßergebnisse für ein Steinkohle- und ein Braunkohlekraftwerk — GSF-Bericht S 617, Febr. 1980

(4) Jacobi, W.:
Umweltradioaktivität und Strahlenexposition durch radioaktive Emissionen von Kohlekraftwerken
GSF-Bericht S 760, Febr. 1981

(5) Jockel, W. (TÜV Rheinland):
Abschlußbericht des Forschungsvorhabens St. Sch. 695: Radioaktive Emissionen aus konventionellen Kraftwerken März 1980, mit Anlagenband

(6) Schmier, H.:
Strahlenexposition durch Kern- und Kohlekraftwerke
Symposium „Das Strahlenrisiko im Vergleich zu chemischen und biologischen Risiken", Homburg (Saar), 8. — 10. 5. 1980
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (im Druck)

Anhang

Benutzte Parameter für die Berechnung der Strahlenexposition durch Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kohle- und Kernkraftwerken.

Kohlekraftwerke

Parameter	Wert
Kaminhöhe	200 m
Langzeitausbreitungsfaktor unter Berücksichtigung der Kaminüberhöhung	$2 \cdot 10^{-8}$ s/m³
Quelldistanz (Abstand des Ortes maximaler Immission vom Kamin)	2500 m
Mittlere Windgeschwindigkeit in Kaminhöhe (effektive Kaminhöhe 300 m)	8 m/s
Niederschlagsmenge pro Jahr im Hauptwindrichtungssektor	150 mm/a
Anreicherungszeit der Nuklide im Boden	1 a
Depositionsgeschwindigkeit für U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Th-232 und Th-228	0,015 m/s
für Pb-210 und Po-210	0,005 m/s
Proportionalitätskonstante für Washout-Faktor für U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Th-232 und Th-228	$1 \cdot 10^{-8}$ a/mm · s
für Pb-210 und Po-210	$3 \cdot 10^{-9}$ a/mm · s

Emissionen radioaktiver Stoffe

	Aktivitätsemissionen pro erzeugter elektrischer Energie in mCi pro 1 GW · a	
Nuklid:	Steinkohle-Feuerung:	Braunkohle-Feuerung:
Uran-238	10	3
Uran-234	10	3
Thorium-230	10	2
Radium-226	10	2
Blei-210	100	5
Polonium-210	200	10
Thorium-232	5	1
Thorium-228	5	1

Ferner werden etwa 1000—2000 mCi Radon-222 pro 1 GW · a erzeugter elektrischer Energie emittiert. Der Beitrag der Emission dieses Radionuklids zur Strahlenexposition ist jedoch zu vernachlässigen.

Kernkraftwerke

Parameter	Wert
Kaminhöhe	100 m
Langzeitausbreitungsfaktor	$3 \cdot 10^{-7}$ s/m³
Quelldistanz	500 m
Langzeitausbreitungsfaktor für Gamma-Submersion	$2 \cdot 10^{-3}$ s/m²
Quelldistanz	100 m
Mittlere Windgeschwindigkeit in Kaminhöhe	7 m/s
Niederschlagsmenge pro Jahr im Hauptwindrichtungssektor	150 mm/a
Anreicherungszeit der Nuklide im Boden	1 a
Depositionsgeschwindigkeit für Aerosole	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$ m/s
Proportionalitätskonstante für Washout von elementarem Jod	$8 \cdot 10^{-9}$ a/mm · s

Emissionen radioaktiver Stoffe

a) radioaktive Edelgase

Nuklid:	Aktivitätsemission pro erzeugter elektrischer Energie in Ci pro 1 GW · a
Argon-41	30
Krypton-85m	68
Krypton-87	12
Krypton-88	16
Krypton-89	20
Xenon-131m	2
Xenon-133m	58
Xenon-133	1100
Xenon-135m	69
Xenon-135	120
Xenon-137	10
Xenon-138	4

b) aerosolgebundene Radionuklide, Jod-131, Jod-133, Tritium und Kohlenstoff-14

Nuklid:	Aktivitätsemission pro erzeugter elektrischer Energie in mCi pro 1 GW · a
Chrom-51	1,3
Mangan-54	0,13
Kobalt-58	0,24
Kobalt-60	2,6
Eisen-59	0,52
Strontium-89	0,0013
Strontium-90	0,00029
Zirkonium-95	0,026
Niob-95	0,12
Ruthenium-103	0,019
Ruthenium-106	0,17
Silber-110m	0,029
Antimon-124	4,3
Antimon-125	0,038
Tellur-123m	0,54
Cäsium-134	0,053
Cäsium-137	0,27
Barium-140	0,12
Lanthan-140	0,036
Cer-141	0,0084
Cer-144	0,13
Tritium	37 000
Jod-131	15
Jod-133	1,2
Kohlenstoff-14	5 000

Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei, 5300 Bonn
Alleinvertrieb: Verlag Dr. Hans Heger, Postfach 20 08 21, Herderstraße 56, 5300 Bonn 2, Telefon (02 28) 36 35 51
ISSN 0172-6838